

CODEN: IBBRAH (3-79) 1-43 (1979)

INSTITUUT VOOR BODEMVRUCHTBAARHEID

RAPPORT 3-79

DE STIKSTOFBALANS VAN BOUW- EN GRASLAND EN DE CONSUMPTIESECTOR IN NEDER-  
LAND IN 1970

door

G.J. KOLENBRANDER

1979

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Oosterweg 92, Haren (Gr.)

---

*Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 3-79 (1979) 43 pp.*

## VOORWOORD

De samensteller van dit rapport is veel dank verschuldigd aan de leden van de "Studiecommissie Kwantitatieve Analyse van de N-huishouding van de Landbouw" voor de kritische kanttekeningen en waardevolle suggesties naar aanleiding van het concept.

Deze studiecommissie ad hoc, ingesteld op verzoek van de voorbereidende hoofdprojectgroep "Stikstofproblematiek" van de NRLO, bestond uit:

ir. R. Mulder, D.L.O. Wageningen, voorzitter.

drs. R. Boeringa, CO-TNO, secretaris.

dr. W. Dijkshoorn } CABO, Wageningen.  
ir. M. Hoogerkamp }

dr. M.J. Frissel, ITAL, Wageningen.

ir. G.J. Kolenbrander, IB, Haren (Gr.).

ir. L.P.J. Kupers, Vakgroep Landbouwplantenteelt en Graslandcultuur, LH, Wageningen

ir. H. Thomas, Proefstation voor de Rundveehouderij, Lelystad.

## INHOUD

1.	Inleiding	5
2.	De input- output balans van bouw- en grasland	6
2.1.	De inputzijde van de balans	6
2.1.1.	Regenval	6
2.1.2.	Kunstmest	6
2.1.3.	Biologisch gebonden stikstof	9
2.1.4.	Andere vormen van N-input	9
2.1.4.1.	Bouwland	9
2.1.4.1.1.	Wortels en stoppels	9
2.1.4.1.2.	Groenbemesting en zaaizaad	10
2.1.4.1.3.	Compost en zuiveringsslib	10
2.1.4.1.4.	Beschikbare stalmest op bouwland	10
2.1.4.2.	Grasland	11
2.1.4.2.1.	De totale stikstofproduktie	11
2.1.4.2.2.	Beweidingsverliezen	11
2.1.4.2.3.	Verliezen bij hooien en kuilen	12
2.1.4.2.4.	Wortels en stoppels	12
2.1.4.2.5.	Dierlijke mest	13
2.1.4.2.5.1.	Krachtvoerdiverbruik	13
2.1.4.2.5.2.	Ruwvoer	13
2.1.4.2.5.3.	Melk- en vleesproduktie	13
2.1.4.2.5.4.	Produktie rundveemest in stalperiode	14
2.1.4.2.5.5.	Produktie aan excrementen in weideperiode	14
2.2.	De outputzijde van de balans	15
2.2.1.	Bouwland	15
2.2.1.1.	Tuinbouw	15
2.2.1.2.	Akkerbouw	15
2.2.2.	Grasland	16
2.2.2.1.	Beweiden	16
2.2.2.2.	Hooi en kuilgras	16
2.2.2.3.	Wortels en stoppels	16

2.3.	Omvang en aard van het balanstekort	16
2.3.1.	Bouwland	16
2.3.2.	Grasland	17
2.4.	De mogelijkheden tot beperking van de verliezen	21
2.4.1.	Bouwland	21
2.4.1.1.	Nitrificatieremmers	21
2.4.1.2.	Voedergewassen als stoppelgewas	23
2.4.1.3.	Verfijning bemestingsbeleid	23
2.4.2.	Grasland	24
2.4.2.1.	Nitrificatieremmers	24
2.4.2.2.	Ammoniakverliezen	24
2.4.2.3.	Recirculatieverliezen	25
2.4.2.4.	Mestoverschotten	25
2.5.	Conclusie	26
3.	De input- en outputbalans van de consumptiesector	27
3.1.	Inputzijde van de balans	27
3.2.	Outputzijde van de balans	28
3.3.	Mogelijkheden tot beperking van de verliezen	29
4.	De integrale N-balans	31
5.	Samenvatting en conclusies	34
6.	Literatuur	36

## 1. INLEIDING

De problemen rond de energievoorziening in de toekomst doen de vraag rijzen in hoeverre een meer efficiënte benutting van de stikstof in de landbouw, maar ook in de be- en verwerkingsindustrieën en andere consumptiesectoren, in Nederland een steentje kan bijdragen tot oplossing van dit energieprobleem.

Het opstellen van een N-balans kan daarin enig inzicht geven, omdat de verliesposten in een dergelijke balans moeten worden gekwantificeerd. In combinatie met de aard van de optredende verliezen kan vervolgens worden nagegaan welke technische en economische mogelijkheden er liggen om de geconstateerde verliezen te beperken en welke consequenties dit zal hebben voor de samenleving in verband met mogelijke kostenstijgingen. Uitgegaan zal worden van de balans voor 1970, omdat dan gebruik gemaakt kan worden van de gegevens waarmee reeds een fosfaatbalans voor Nederland is gemaakt (Kolenbrander, 1974). Dit bespaart veel extra werk, nodig voor het verzamelen van meer recente gegevens, terwijl mag worden verwacht dat het inzicht in de problemen nauwelijks wordt geschaad.

De balans zal worden berekend onder de voorwaarde dat er evenwicht heerst. In dat geval is de input = output. Indien er geen evenwicht is, zal de bodemvoorraad aan stikstof zowel kunnen stijgen (vastlegging van stikstof) <sup>als</sup> ~~dan wel~~ dalen (mineralisatie van stikstof), hetgeen van invloed is op de grootte der verliezen.

Daar deze veranderingen over het algemeen klein zijn t.o.v. de totale bodemvoorraad stikstof, kunnen dergelijke veranderingen alleen betrouwbaar worden vastgesteld, indien er een groot tijdsverschil ligt tussen begin- en eindpunt der metingen. Daar een dergelijk tijdsinterval onder praktijkomstandigheden vele jaren omvat, is er geen bezwaar bij een jaarbalans uit te gaan van een evenwichtstoestand.

## 2. DE INPUT- EN OUTPUTBALANS VAN BOUW- EN GRASLAND

### 2.1. DE INPUTZIJDE VAN DE BALANS

Tabel I geeft een overzicht van de gemiddelde input en output in 1970 op bouwland en tabel II op grasland, in beide gevallen zowel uitgedrukt in  $\text{kg N. ha}^{-1}$  bouw- of grasland als in mln kg N per jaar over het totale areaal bouw- of grasland. Uitgangspunt zal zijn de volgende verdeling (CBS, 1972a), waarbij het bouwland zowel de akkerbouw als de tuinbouw omvat:

tuinbouw	0,1 mln ha
akkerbouw	0,7 " "
<hr/>	
bouwland	0,8 " "
grasland	1,3 " "
<hr/>	
cultuurland	2,1 " "

#### 2.1.1. Regenval

Uitgaande van een gemiddelde regenval van 750 mm per jaar en een N-gehalte van gemiddeld  $2 \text{ mg N.l}^{-1}$  regenwater (Henkens, 1976) kan de bijdrage uit deze bron gesteld worden op  $15 \text{ kg N.ha}^{-1}.\text{j}^{-1}$  of, over het gehele areaal berekend, op 12 mln kg N voor bouwland en 20 mln kg N voor grasland.

#### 2.1.2. Kunstmest

In 1970 bedroeg het totale verbruik aan kunstmest in Nederland 405 mln kg N (CBS, 1972b). Het kunstmestverbruik in de akkerbouw bedroeg in 1970 volgens Sluiman (1974)  $\text{ca. } 135 \text{ kg N.ha}^{-1}$ . Dat op grasland beliep in 1970  $\text{ca. } 200 \text{ kg N.ha}^{-1}$  (Den Boer, 1978), terwijl dat in de tuinbouw geschat wordt op  $\text{ca. } 125 \text{ kg N.ha}^{-1}$  (van der Boon, pers. meded.).

Met deze gegevens kan een verdeling berekend worden van het kunstmestverbruik in de diverse sectoren. Het "tekort" t.o.v. het totale verbruik is dat wat toegepast is in de bosbouw en de recreatieve sector, welke laatste  $\text{ca. } 37.000 \text{ ha}$  omvat.

TABEL I. Input - outputbalans voor bouwland in Nederland (1970)

<i>Input</i>		Bouwland 0,8 mln ha.	
aard van de bronnen		mln kg.j <sup>-1</sup>	kg.ha <sup>-1</sup> .j <sup>-1</sup>
kunstmest		107	134
regenval		12	15
biol.gebonden N		3	4
zaaizaad, groenbemesters		7	9
wortels en stoppels		64	80
stalmest: NH <sub>3</sub> -N (52,5%)		43	54
" : org.-N (47,5%)		39	49
compost en slib		3	4
<b>totale input</b>		<b>278</b>	<b>349</b>
<i>Output</i>			
aard van de bronnen		mln kg.j <sup>-1</sup>	kg.ha <sup>-1</sup> .j <sup>-1</sup>
tuin- + akkerbouw:			
produktie		96	120
wortels en stoppels		64	80
<b>totale output</b>		<b>160</b>	<b>200</b>
<i>balanstekort</i>		118	149
output in % input		57	57
<i>verdeling balanstekort</i>	mln kg	kg.ha <sup>-1</sup>	% v/d input
uitspoeling	50	63	18
NH <sub>3</sub> -N vervluchtiging	13	16	5
denitrificatie	55	70	20
<b>balanstekort</b>	<b>118</b>	<b>149</b>	<b>43</b>

TABEL II. Input - outputbalans voor grasland in Nederland (1970)

Input		Grasland 1,3 mln ha.	
aard van de bronnen		mln kg.j <sup>-1</sup>	kg.ha <sup>-1</sup> .j <sup>-1</sup>
kunstmest		260	200
regenval		20	15
biol.gebonden N		19	15
beweidingsverlies (15%)		47	36
mech.verliezen hooien, kuilen		9	7
wortels en stoppels		163	125
stalmest: org.gebonden N		62	48
" : NH <sub>3</sub> -N		61	47
excrementen: NH <sub>3</sub> -N		188	144
" : org.gebonden N		62	48
totale input		891	685
Output			
aard van de bronnen		mln kg.j <sup>-1</sup>	kg.ha <sup>-1</sup> .j <sup>-1</sup>
produktie weidegras (bruto)		312	240
" hooi, kuilgras (bruto)		114	88
wortels en stoppels		163	125
totale output		589	453
balanstekort		302	232
output in % input		66	66
verdeling balanstekort			
uitspoeling	mln kg	kg.ha <sup>-1</sup>	% v/d input
	59	45	6
NH <sub>3</sub> -vervluchtiging:			
stalmest	18	14	13
excrementen	94	72	
denitrificatie	131	101	15
balanstekort		302	34



## Verdeling kunstmestverbruik:

tuinbouw	125 kg N.ha <sup>-1</sup>	à 0,1 mln ha =	12 mln kg N
akkerbouw	135 " "	à 0,7 " " =	95 " " "
bouwland	134 " "	à 0,8 " " =	107 " " "
grasland	200 " "	à 1,3 " " =	260 " " "
cultuurland	175 " "	à 2,1 " " =	367 " " "
overige sectoren			= 38 " " "
totaal verbruik			= 405 " " "

2.1.3. *Biologisch gebonden stikstof*

Het areaal peulvruchten en vlinderbloemige groenvoedergewassen bedroeg in 1970 ca. 0,02 mln ha. Uitgaande van een gemiddelde N-fixatie van 150 kg N.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup> op bouwland en van 15 kg N.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup> op grasland (overwegend asymbiontische N-binding) is de totale N-fixatie per jaar:

bouwland	0,02 mln ha à 150 kg N.ha <sup>-1</sup> =	3 mln kg N
grasland	1,3 " " à 15 " " " =	19 " " "
cultuurland totaal		= 22 " " "

2.1.4. *Andere vormen van N-input*

Tijdens de beweiding en bij de voederwinning treden er op grasland verliezen op, waarbij de stikstof in het gewas weer direct aan de grond wordt toegevoegd. Bij bouwland vindt dat plaats door groenbemesting en door het onderploegen van wortel- en stoppelresten. Ook via zaai- en pootgoed wordt een deel van de stikstof gerecirculeerd. Getracht zal worden de orde van grootte van deze inputbronnen te schatten.

2.1.4.1. *Bouwland*

2.1.4.1.1. *Wortels en stoppels*. Bijlage I geeft een overzicht van de oppervlakte gewassen (exclusief vlinderbloemigen) geteeld in 1970 op bouwland (CBS, 1972c). Bij elk gewas is aangegeven de hoeveelheid organische stof die in de bouwvoor achtergelaten wordt (Handboek voor de Akkerbouw, 1973).

De totale hoeveelheid droge organische stof, die gemiddeld per ha in de laag 0-20 cm achtergelaten wordt, blijkt 3835 kg te bedragen. In verband met een dieper gaande beworteling zal dit bedrag op  $4200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  afgerond worden (ca. 10% van de wortels dieper dan 20 cm). Köhnlein en Vetter (1953) vonden gemiddeld in wortels en stoppels 2,0% N in de droge stof met een variatie van 1,92 - 2,16%. Op basis van deze gegevens zou de gemiddelde bijdrage aan de N-input via de wortels en stoppels ca.  $85 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  bouwland bedragen. Bij een areaal bouwland van 0,7 mln ha is dit afgerond 60 mln kg N. Op basis van de optredende verhouding N-bovengrondse produktie en N-wortels en stoppels (3:2) kan de N-bijdrage in de wortels en stoppels in de tuinbouw geschat worden op ca. 4 mln kg N (zie par. 3.2.:  $2/3 \times 6 \text{ mln kg N}$ ). De totale input op bouwland via wortels en stoppels kan dus geschat worden op  $60 + 4 = 64 \text{ mln kg stikstof}$ . Deze stikstof zal, zowel op de input- als op de outputzijde van de balans ingevoerd worden.

2.1.4.1.2. *Groenbemesting en zaaizaad.* Bijlage II geeft een overzicht van de N-input in de vorm van zaaizaad en groenbemesting (Kolenbrander, 1974). Uit bijlage II blijkt dat de input via deze bron ca. 7 mln kg N bedraagt.

2.1.4.1.3. *Compost en zuiveringslib.* Bijlage III geeft een overzicht van de N-inhoud van het vaste afval (Kolenbrander, 1974). Van dit afval komt ca. 1/3 deel terecht in de tuinbouw en de recreatiesector. De rest wordt opgeslagen in vuilnisbelten. We zullen er van uitgaan dat in de tuinbouw de helft terecht komt van dit materiaal, wat overeenkomt met:

$$0,50 \times 1/3 \times 18 \text{ mln kg N of } 3 \text{ mln kg N.}$$

2.1.4.1.4. *Beschikbare stalmest op bouwland.* De stalmest, die naar het bouwland gaat, kan berekend worden uit de totale mestproduktie (netto 205 mln kg N volgens CBS-berekeningen in 1976), verminderd met die van het rundvee à 123 mln kg N (zie par. 2.1.4.2.5.4.). Voor het bouwland blijft dus beschikbaar  $205 - 123 = 82 \text{ mln kg N}$ . Het vee dat deze mest produceert (overwegend varkens en kippen) wordt gevoerd op krachtvoer. Het percentage minerale stikstof in deze mest bedraagt volgens Sluijsmans en Kolenbrander (1977) ca. 52,5%, zodat ca. 43 mln kg N uit ammoniak-N zal bestaan.

### 2.1.4.2. Grasland

2.1.4.2.1. *De totale stikstofproduktie.* De droge-stofproduktie op grasland kan gesteld worden op  $11.000 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ . Bij een oppervlakte gras van 1,3 mln ha wordt de totale produktie aan droge stof: 14.300 mln kg.

In 1970 werd er 1,3 mln ha gras gemaaid voor hooi (65%) en kuil (30%) (CBS, 1972d). Uitgaande van een maaisnede van 3500 kg droge stof per ha, met een gemiddeld ruw-eiwit (re)-gehalte van 16% of ca. 2,5% N, levert dit 4.550 mln kg droge stof met 114 mln kg N (zie tabel III), of gemiddeld  $88 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ . Voor beweiding blijft dus over  $(14.300 - 4.550)$  mln of 9.750 mln kg droge stof met een gemiddeld re-gehalte van 20% of 3,2% N in de droge stof. In dit weidegras is dan aanwezig 312 mln kg N (tabel III). De totale jaarlijkse bruto hoeveelheid N in het gewas kan nu berekend worden op  $(114 + 312) = 426 \text{ mln kg N}$  of  $328 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  grasland. Tabel III geeft een overzicht van deze produktie, welke is vastgesteld in overleg met ir. Thomas van het PR.

TABEL III. Verdeling grasproduktie over weidegras en wintervoer.

---

hooi- en kuilgras:

1,3 mln ha  $\hat{a}$  3500 kg ds.  $\text{ha}^{-1} = 4.550 \text{ mln kg ds} \hat{a} 2,5\% \text{ N} = 114 \text{ mln kg N}$   
weidegras: = 9.750 " " "  $\hat{a}$  3,2% N = 312 " " "

---

totaal:

1,3 mln ha  $\hat{a}$  11000 kg ds.  $\text{ha}^{-1} = 14.300 \text{ mln kg ds} \hat{a} 3 \% \text{ N} = 426 \text{ mln kg N}$

---

De waarde van  $328 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$  in de bruto grasproduktie, bij een kunstmestgift van  $200 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ , stemt goed overeen met de waarde van  $334 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$  die Van Steenberg (1977) vond als een 10-jaarlijks gemiddelde van 24 proefvelden op diverse grondsoorten.

2.1.4.2.2. *Beweidingsverliezen.* Bij het beweiden van grasland door vee treden verliezen op door vertrapping en het deponeren van faeces en urine. De beweidingsverliezen aan droge stof blijken afhankelijk te zijn van het beweidingssysteem. Volgens het Handboek voor de Rundveehouderij (1974) variëren deze van 5%  $\hat{a}$  10% voor stalvoeren tot 20%  $\hat{a}$  40% bij standweiden.

Het meest gebruikelijke systeem in Nederland zal zijn het omweidingssysteem, waarbij het droge-stofverlies varieert van 10-20% (rantsoenbeweiden en omweiden korter dan één week). Het omweidingsverlies zal gesteld worden op ca. 15% van de droge stof. Op basis van tabel III wordt dit verlies  $0,15 \times 9,750 \text{ mln kg ds} \approx 3,2\% \text{ N}$  of ca. 47 mln kg N.

2.1.4.2.3. *Verliezen bij hooien en kuilen.* Bij de hooi- en kuilvoerwinning treden tijdens het maaien en winnen verliezen op die geschat kunnen worden op ca. 7,5% van de droge stof. Dit is het verlies dat geldt voor stalvoeren waarbij al het gras wordt gemaaid en dat ook optreedt bij kunstmatig drogen van gras (Handboek voor de Rundveehouderij, 1974). Dit verlies, dat als een directe input van stikstof op grasland kan worden beschouwd, zal op basis van tabel III bedragen  $0,075 \times 4.550 \text{ mln kg ds} \approx 2,5\% \text{ N}$  of ca. 9 mln kg N.

De verliezen die naderhand bij de hooi- en kuilvoerbereiding en bewaring optreden bedragen voor hooi ca. 5% en voor kuil ca. 10%. Dit verlies, berekend op 8 mln kg N, behoort strikt genomen niet tot de N-balans van het grasland en blijft hierbij dan ook buiten beschouwing. Wel kan nu de netto N-input in de vorm van hooi en kuil voor rundvee in de stalperiode berekend worden. Deze bedraagt  $114 - (9+8) = 97 \text{ mln kg N}$  of ca.  $75 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  grasland per jaar.

2.1.4.2.4. *Wortels en stoppels.* Zowel bij grazen als maaien blijft er een hoeveelheid gras als stoppel achter. Deze hoeveelheid wordt ruw geschat op 2,5 ton droge stof per ha grasland. Bij een N-gehalte van 3% in de droge stof bevat dit gras  $75 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ .

Daarnaast produceert de grasmat ook nog wortels ter vervanging van oudere, die gemineraliseerd worden. Deze hoeveelheid kan met behulp van de relatie die Rijtema (1978) geeft op basis van onderzoek van Rose et al., (1972), berekend worden op ca. 2,5 ton ds per ha per jaar. Bij een N-gehalte van 2% in de droge stof van de wortelmassa, vertegenwoordigt deze massa ca.  $50 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ . De totale hoeveelheid stikstof, die jaarlijks bij een evenwichtstoestand gemineraliseerd en weer vastgelegd wordt in de wortels en stoppels op grasland, bedraagt dus  $75 + 50 = 125 \text{ kg N}$  per ha. Deze hoeveelheid is zowel op de input- als op de outputzijde van de balans in rekening gebracht.

2.1.4.2.5. *Dierlijke mest.* De dierlijke mest vormt enerzijds een indirecte input van krachtvoer, dat veelal van buiten het bedrijf komt, anderzijds is het een vorm van recycling van geoogst gras of akkerbouwgewassen. Er zal onderscheid gemaakt worden tussen de weideperiode (1/4-1/10), waarin de dierlijke mest als excrementen teruggevoerd wordt naar het grasland en een stalperiode (1/10-1/4) waarin stalmest (tegenwoordig overwegend bestaande uit drijfmest) wordt geproduceerd. Aangenomen zal worden dat op het grasland alleen rundvee graast en dat alle door dit rundvee geproduceerde stalmest en excrementen weer op het grasland terecht komen. Het overige vee staat het gehele jaar op stal en alle mest gaat naar het bouwland.

Alvorens via een balans te kunnen berekenen hoe groot de hoeveelheid excrementen in de weideperiode en de produktie aan stalmest in de stal geweest is, moet eerst berekend worden hoe groot de afvoer in melk en vlees geweest is en hoeveel krachtvoer daartoe moest worden aangekocht.

2.1.4.2.5.1. *Krachtvoederverbruik.* In 1970 bedroeg het krachtvoederverbruik door het rundvee ca. 2070 mln kg (Landbouwcijfers, 1973), met een voederverhouding van  $3,5 \text{ mln kg.dag}^{-1}$  in de weideperiode en  $8 \text{ mln kg.dag}^{-1}$  op stal gedurende 180 dagen.

In de weideperiode wordt een eiwit-armere brok gevoerd dan in de stal. In de weideperiode is het re-gehalte ca. 15,4% (2,5% N) en in de stalperiode ca. 17,6% re (2,8% N). Dit levert een hoeveelheid stikstof op via het krachtvoer van:

weideperiode:

$3,5 \text{ mln kg} \times 2,5\% \text{ N}$  in 180 dagen is ca. 16 mln kg N

stalperiode:

$8 \text{ mln kg} \times 2,8\% \text{ N}$  in 180 dagen is ca. 40 mln kg N

---

totaal krachtvoer rundvee ca. 56 mln kg N

2.1.4.2.5.2. *Ruwvoer.* Uit bijlage V blijkt dat aan ruwvoer door de akkerbouw nog ca.  $27 \text{ mln kg N.j}^{-1}$  geleverd werd in 1970. Dit is een input voor de stalperiode.

2.1.4.2.5.3. *Melk- en vleesproduktie.* De melkaanvoer bedroeg in Nederland in 1970 ca. 7750 mln kg, waarvan 3100 mln kg in de stalperiode en 4650 mln kg in de weideperiode (verhouding zomer-/wintermelk = 1,5)

(Landbouwcijfers, 1973, tabel 42b en c). Bij een stikstofgehalte van 5 g N.l<sup>-1</sup> is dit een afvoer van ca. 16 mln kg N in de stalperiode en ca. 23 mln kg N in de weideperiode.

De binnenlandse produktie aan rund-en kalfsvlees bedroeg in 1970 ca. 600 mln kg levendgewicht (Kolenbrander, 1974). Uitgaande van een N-gehalte van 27 g N. kg<sup>-1</sup> levendgewicht (Maynard, 1947), vertegenwoordigt deze produktie een hoeveelheid stikstof van ca. 16 mln kg N.

Bij een gelijke verdeling van de vleesproduktie over weide- en stalperiode wordt de totale afvoer in melk en vlees:

weideperiode: 23 + 8 = 31 mln kg N (24 kg N.ha<sup>-1</sup> grasland)

stalperiode : 16 + 8 = 24 " " " (18 " " " " )

2.1.4.2.5.4. Produktie rundvee-mest in de stalperiode. De produktie van de rundvee-mest in de stalperiode kan nu berekend worden uit de voederbalans tijdens de stalperiode. Deze balans luidt:

input:	hooi/kuil	97	mln kg N (zie: 2.1.4.2.3.)
	ruwvoer akkerbouw	27	" " " ( " : 2.1.4.2.5.2.)
	krachtvoer	40	" " " ( " : 2.1.4.2.5.1.)
	totaal	164	" " " of 100%
output:	melk en vlees	24	" " " of 14,5%
<hr/>			
	stalmest (bruto)	140	" " "
	NH <sub>3</sub> -verlies in stal (12%)	17	" " "
<hr/>			
	stalmest afgevoerd	123	" " "

Om de netto afgevoerde hoeveelheid stikstof in rundveestalmest in overeenstemming te brengen met de schattingen van het CBS (1976), moet de bruto- produktie aan stikstof nog verminderd worden met de verliezen aan stikstof die optreden in de stal en tijdens de bewaring. Het hier berekende verlies à 12% stemt in orde van grootte redelijk overeen met dat, vermeld door Kolenbrander en de la Lande Cremer (1967).

2.1.4.2.5.5. Produktie aan excrementen in weideperiode. De produktie aan excrementen in de weideperiode kan berekend worden uit de voederbalans over die periode. De hoeveelheid gras die daarin netto geconsumeerd werd bedroeg 312 mln kg N verminderd met de beweidingsverliezen à 47 mln kg N (zie 2.1.4.2.2.) of 265 mln kg N. De balans luidt nu:

input:	weidegras (netto)	265	mln	kg	N				
	krachtvoer	16	"	"	"	"	(zie: 2.1.4.2.5.1.)		
	totaal	281	"	"	"	"	of 100%		
output:	melk, vlees	31	"	"	"	"	of 11%		
	excrementen	250	"	"	"	"			

De samenstelling van deze excrementen is, door de luxe-consumptie van ruw-eiwit in de weideperiode, afwijkend van die in de stalperiode. In dit laatste geval bestaat de totale stikstof in drijfmest voor ca. 50% uit ureum, dat gemakkelijk in ammoniumstikstof wordt omgezet (Sluijsmans en Kolenbrander, 1977). Voor de weidegang berekenen Kemp en medewerkers (1979) dat ca. 75% van de stikstof in de excrementen in de urine wordt gevonden. Dit betekent dat de verdeling in ons geval zou luiden:

weideperiode: 188 mln kg N-NH<sub>3</sub> en 62 mln kg N-org. in faces

stalperiode : 61 " " " " 62 " " " " "

totaal : 249 " " " " 124 " " " " "

De stikstofafvoer in melk en vlees is in de weideperiode (door luxe-consumptie van re) laag (11%) vergeleken met die in de stalperiode (14,5%) (zie par. 2.1.4.2.5.4.).

## 2.2. DE OUTPUTZIJDE VAN DE BALANS

### 2.2.1. Bouwland

#### 2.2.1.1. Tuinbouw

Bijlage IV geeft een overzicht van de stikstofonttrekking in de tuinbouw in 1970. Uit deze bijlage blijkt dat de totale N-onttrekking geschat kan worden op ca. 6 mln kg N per jaar.

#### 2.2.1.2. Akkerbouw

Bijlage V geeft hetzelfde voor de akkerbouw. Hier wordt de onttrekking berekend op ca. 90 mln kg N per jaar. De stikstof in wortels en stoppels werd in par. 2.1.4.1.1. voor akker- en tuinbouw tezamen geschat op 64 mln kg N. Ook deze stikstof zal zowel op de output- als inputzijde van de balans verantwoord worden.

### 2.2.2. Grasland

#### 2.2.2.1. Beweiding

Op grasland wordt de bruto output gevormd door het gras dat werkelijk geconsumeerd wordt, vermeerderd met dat deel dat door vertrappen en bevuiling verloren gaat (beweidingsverlies zie par. 2.1.4.2.2.). De bruto hoeveelheid N werd in tabel III berekend op 312 mln kg per jaar.

#### 2.2.2.2. Hooi en kuilgras

De bruto grasproductie voor hooi- en kuilbereiding werd, inclusief de verliezen, in tabel III berekend op 114 mln kg N per jaar.

#### 2.2.2.3. Wortels en stoppels

In paragraaf 2.1.4.2.4. werd berekend dat in de wortels en stoppels op grasland ca.  $125 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  zit, of 163 mln kg N voor het gehele grasland areaal. Daar deze stikstof wel jaarlijks ter beschikking moet zijn in de evenwichtstoestand, maar niet geoogst wordt, is deze opgenomen zowel onder de output- als de inputzijde van de balans.

### 2.3. OMVANG EN AARD VAN HET BALANSTEKORT

Nu de input en output van de balans bekend zijn kunnen de eventuele jaarlijkse tekorten worden berekend.

#### 2.3.1. Bouwland

Uit tabel I blijkt dat in 1970 op bouwland de gemiddelde input  $349 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  bedroeg en de output  $200 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Uitgaande van een evenwichtstoestand zal dit balanstekort à  $149 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$  moeten worden toegeschreven aan uitspoeling en vervluchtiging, dit laatste zowel via ammoniak-vervluchtiging als tengevolge van denitrificatie.

De uitspoeling kan geschat worden op basis van drainwater-onderzoek op verschillende grondsoorten verricht door Henkens (1976). Na weging met de oppervlakte van de grondsoort blijkt het gemiddelde uitspoelingsverlies,



op basis van 300 mm drainwater per jaar, ca.  $63 \text{ kg N.ha}^{-1}.\text{j}^{-1}$  te bedragen, of 18% van de totale input.

Vervluchtiging van ammoniak: Op de inputzijde van de balans is via de stalmest een hoeveelheid  $\text{NH}_3\text{-N}$  opgevoerd van  $54 \text{ kg N.ha}^{-1}$ . Uit graslandproeven met gier, toegediend bij verschillende buitentemperaturen, blijkt, dat bij gemiddelde overdag-temperaturen van  $2 - 10^\circ\text{C}$ , die optreden in de periode 1/11 tot 1/5, de N-werking van gier ca. 70% bedraagt (Kolenbrander en de la Lande Cremer, 1967). Dit betekent dat bij deze temperaturen ca. 30% van de  $\text{NH}_3\text{-N}$  verloren gaat door vervluchtiging. Deze waarde, toegepast op de ammoniak-fractie van de stalmest, levert een  $\text{NH}_3\text{-N}$  verlies op bouwland van ca.  $0,30 \times 54 = 16 \text{ kg N.ha}^{-1}.\text{j}^{-1}$ .

Bij hogere temperaturen in november en april zal het verlies groter zijn en kunnen oplopen tot 70% van de voorraad ammoniak-stikstof in de mest. Snel onderploegen kan op bouwland in dat geval voordeel bieden. Uit tabel I blijkt dat dit vervluchtigingsverlies ca. 5% van de totale input bedraagt.

Aan denitrificatie schrijven we de rest van het tekort toe. Dit verlies bedraagt dan ca.  $70 \text{ kg N.ha}^{-1}.\text{j}^{-1}$  of 20% van de totale input. De orde van grootte van dit verlies stemt redelijk overeen met de resultaten verkregen met lysimeters (Kolenbrander, 1977), die bij een bemestingsniveau van  $135 \text{ kg N.ha}^{-1}$  als kunstmest en een uitspoelingsniveau van 18% van de input, een balanstekort van ca. 25% doen verwachten.

### 2.3.2. Grasland

Op grasland (tabel II) blijkt het balanstekort jaarlijks  $232 \text{ kg N.ha}^{-1}$  te bedragen, hetgeen ruim  $80 \text{ kg N.ha}^{-1}.\text{j}^{-1}$  meer is dan op bouwland.

Het feit dat de uitspoeling op grasland doorgaans kleiner is dan op bouwland wijst, gegeven een evenwichtstoestand, in de richting van grotere verliezen door vervluchtiging. Hierbij dient in het bijzonder gedacht te worden aan  $\text{NH}_3$ -verliezen uit de dierlijke mest, daar deze niet, zoals op bouwland, ondergewerkt wordt. Bovendien is de input aan  $\text{NH}_3\text{-N}$  in dierlijke mest op grasland ca. 3,5 maal zo groot als op bouwland, nl. resp. 191 en  $54 \text{ kg N.ha}^{-1}.\text{j}^{-1}$ .

De vervluchtiging van ammoniak kan op grond van de eerder vermelde gierproeven op grasland bij verschillende overdag-temperaturen (Kolenbrander en de la Lande Cremer, 1967) in de weideperiode, met gemiddelde overdag-

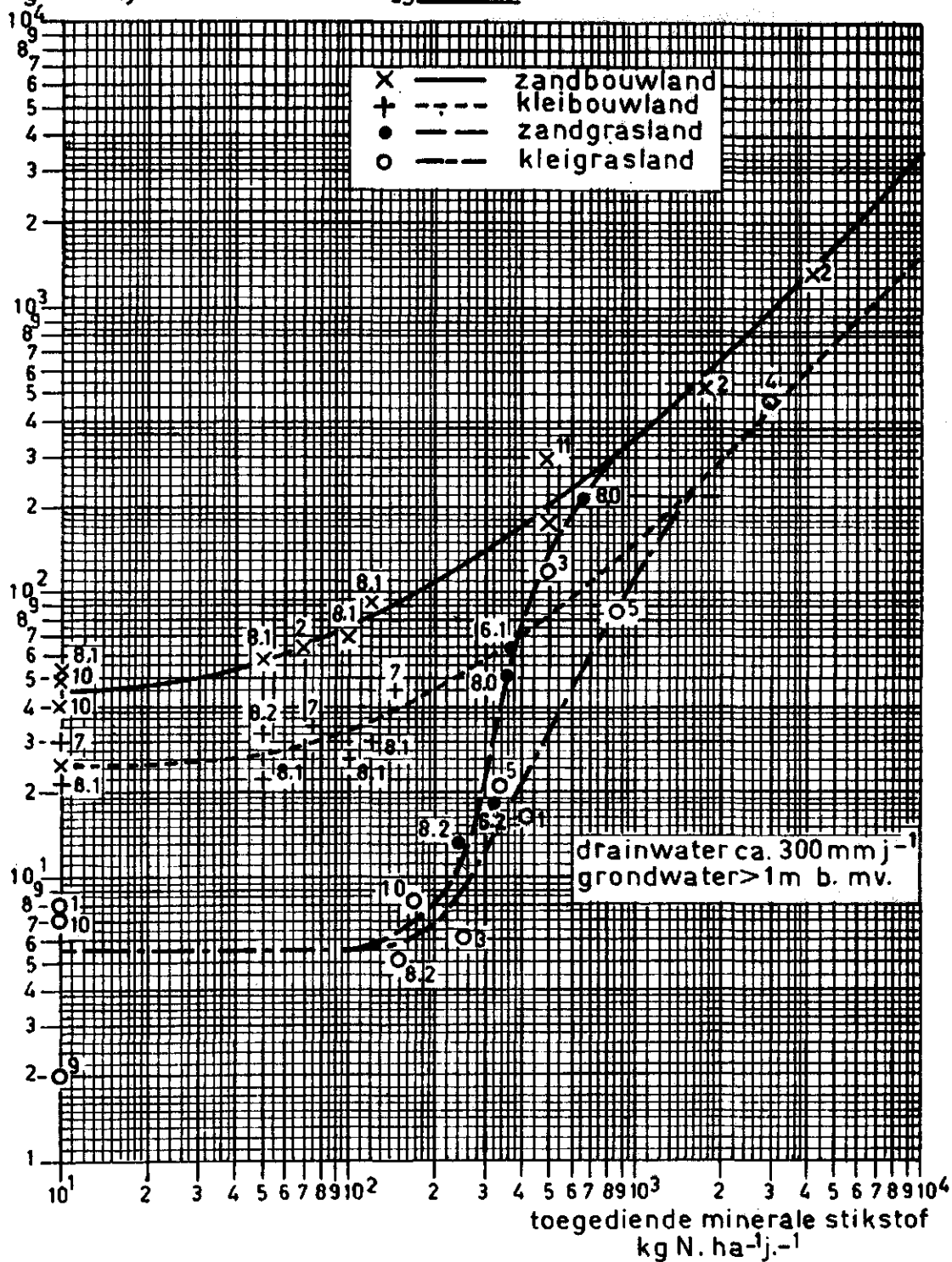
temperaturen van 10 - 20°C, geschat worden op ca. 50% van de toegediende  $\text{NH}_3\text{-N}$ . Dit betekent dat van de ammoniak-N in de excrementen  $144 : 2 = 72$  kg  $\text{N.ha}^{-1}\text{.j}^{-1}$  op grasland verloren gaat. Daar de stalmest overwegend in najaar, winter en voorjaar zal worden uitgereden kan hiervoor hetzelfde verlies van 30% genomen worden als op bouwland. Het verlies door vervluchtiging van ammoniak-N uit stalmest zal op grasland dan bedragen  $0,30 \times 47 = 14$  kg  $\text{N.ha}^{-1}\text{.j}^{-1}$ . Het totale verlies uit excrementen en stalmest op grasland door  $\text{NH}_3$ -vervluchtiging is dus  $72 + 14 = 86$  kg  $\text{N.ha}^{-1}\text{.j}^{-1}$ , of bijna 13% van de totale input.

Gegevens omtrent uitspoeling van stikstof, direct gemeten op percelen grasland in de praktijk, ontbreken praktisch, zodat een schatting moet worden gemaakt op basis van lysimeteronderzoek. Daarbij dient er rekening mee te worden gehouden dat, naast kunstmest, nog grote hoeveelheden minerale stikstof in stalmest, maar vooral in excrementen worden toegediend. Een moeilijkheid nu is dat de urine, in de weide geproduceerd, een bijzonder slechte verdeling over de percelen heeft. Men zou echter de uitspoeling op grasland als volgt kunnen berekenen.

Het blijkt dat per ha grasland gemiddeld 200 kg N als kunstmest wordt gegeven, maar bovendien nog 47 kg N als  $\text{NH}_3$  in stalmest (tabel II). Deze meststoffen worden homogeen over het veld verspreid. Er is dus totaal 247 kg  $\text{N.ha}^{-1}$  toegediend. Daarnaast echter wordt er via de excrementen nog 144 kg  $\text{N.ha}^{-1}$  door het vee in urineplekken gedeponerd. Kolenbrander en de la Lande Cremer (1967) vermelden per koe per dag een urineplekkenoppervlak van  $8 \times 0,20 \text{ m}^2 = 1,60 \text{ m}^2$ . Den Hartog (1977) vermeldt een oppervlakte van  $7 \times 0,14 \text{ m}^2 = 0,98 \text{ m}^2$ . Uitgaande van een gemiddelde oppervlakte van  $1,25 \text{ m}^2$  per koe per dag wordt dat in een weideperiode van 180 dagen  $225 \text{ m}^2$  per koe. Daar de veebezetting in 1970 ca.  $2,25 \text{ gve.ha}^{-1}$  grasland bedroeg, levert dit vee een areaal urineplekken op van  $2,25 \times 225 \text{ m}^2 = \text{ca. } 500 \text{ m}^2$ . Hierop wordt dus 144 kg N gedeponerd in minerale vorm, hetgeen overeen komt met een hoeveelheid van  $20 \times 144 = 2880$  kg  $\text{N.ha}^{-1}$ .

Inclusief kunstmest en stalmest is de "bemesting" van dit kleine stuk grasland ruim 3100 kg N per ha. Dit is echter geen "bemesting" meer, maar een geval van dumpen! De uitspoeling op basis van 247 kg  $\text{N.ha}^{-1}$  in kunstmest en stalmest kan op grond van lysimeterproeven (zie figuur 1) voor zand- en kleigrasland resp. gesteld worden op 12 en 9 kg  $\text{N.ha}^{-1}$ . (Het "klei"-grasland in figuur 1 heeft, evenals het "klei"-bouwland, een gehalte aan afslibbare

uitgespoelde stikstof Fig.1 Uitspoeling van stikstof op bouw- en  
 $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$  grasland



- |                                 |                             |
|---------------------------------|-----------------------------|
| 1 Dowdell c.s. (1974) lys.      | 7 Jung c.s. (1973) lys.     |
| 2 Foerster (1973) veld.         | 8.0 Kolenbrander — lys.     |
| 3 Garwood c.s. (1972) lys.      | 8.1 " (1973) lys.           |
| 4 v. Geneygen (1973) veld.      | 8.2 " (1969) lys.           |
| 5 Hood (1976) veld.             | 9 Low (1973) lys.           |
| 6.1 Hupselsebeek (1972) catchm. | 10 Pfaff (1950) lys.        |
| 6.2 De Leyen (1974) catchm.     | 11 Vetter c.s. (1972) veld. |

delen van 15-35%.) De uitspoeling op dat deel waar de urine gedumpt wordt is echter aanzienlijk groter en kan op basis van figuur 1 geschat worden voor zandgrasland op ca.  $1000 \text{ kg N.ha}^{-1}$  en voor kleigrasland op ca.  $450 \text{ kg N.ha}^{-1}$ . Op grond van deze cijfers kan nu de volgende uitspoeling berekend worden.

Zandgrasland:

0,95 ha à	12	kg $\text{N.ha}^{-1}$	=	12	kg $\text{N.ha}^{-1}$
0,05 ha "	1000	kg $\text{N.ha}^{-1}$	=	50	" " "
<hr/>			<hr/>		
1,00 ha		totaal		62	" " "

Kleigrasland:

0,95 ha à	9	kg $\text{N.ha}^{-1}$	=	8,5	kg $\text{N.ha}^{-1}$
0,05 ha à	450	kg $\text{N.ha}^{-1}$	=	22,5	" " "
<hr/>			<hr/>		
1,00 ha		totaal		31,0	" " "

De berekende waarde voor zandgrasland stemt goed overeen met de resultaten gemeten in het stroomgebied van de Hupselsebeek (650 ha en 80% grasland) waar een uitspoelingsverlies van  $64 \text{ kg N.ha}^{-1}$  werd vastgesteld.

Helaas ontbreken metingen op lysimeters met veengrond. Echter in de praktijk werd voor de verhouding in N-uitspoeling in het zandgraslandgebied van de Hupselsebeek en die in een veenpolder (Hooge Warren, 460 ha en 100% grasland) een waarde gevonden van 3,6. Wordt deze factor gebruikt voor de gemiddelde uitspoeling op veengrasland, dan zal de uitspoeling op basis van zandgrasland bedragen  $62 : 3,6 = \text{ca. } 17 \text{ kg N.ha}^{-1}$ .

Worden de verkregen uitspoelingsverliezen voor de drie grondsoorten gewogen op basis van hun aandeel in het blijvend graslandareaal (resp. 0,7; 0,4 en 0,2 mln ha voor zand-, klei- en veengrasland) dan is het gemiddelde uitspoelingsverlies voor grasland ca.  $45 \text{ kg N.ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ . Deze bijdrage in het balanstekort op grasland blijkt ca. 6% van de totale input te zijn, hetgeen aanzienlijk lager is dan op bouwland waar de bijdrage 18% bedroeg (tabel I).

Denitrificatie zal weer de sluitpost van de balans zijn. Deze post bedraagt  $101 \text{ kg N.ha}^{-1}$  of ca. 15% van de totale input. Op grond van lysimeteronderzoek (Kolenbrander, 1977) zou, bij een uitspoelingsniveau van 5% en een kunstmestbemesting van ca.  $100 \text{ kg N.ha}^{-1}$  per snede gras, een balanstekort verwacht worden van ca. 20% van de input.

## 2.4. DE MOGELIJKHEDEN TOT BEPERKING VAN DE VERLIEZEN

In tabel IV zijn de verliezen verzameld zoals die gevonden zijn in tabel I en II. Deze verliezen zijn van verschillende aard en de mogelijkheden tot reductie zullen globaal besproken worden. Uit tabel IV blijkt dat, zowel op bouwland als grasland, uitspoeling en denitrificatie de grote boosdoeners zijn door resp. 89% en 63% van het balanstekort te veroorzaken. Daarnaast treedt op grasland nog de vervluchtiging van ammoniak-stikstof op tengevolge van het niet onderbrengen van de dierlijke mest (verlies 37% op grasland tegen 11% op bouwland).

### 2.4.1. *Bouwland*

#### 2.4.1.1. *Nitrificatieremmers*

Een mogelijkheid verliezen door uitspoeling en denitrificatie te beperken ligt in het gebruik van chemische middelen, die de nitraatvormende bacteriën (nitrificanten) sterk reduceren of hun activiteiten sterk belemmeren. Tot de middelen, die de nitrificanten sterk terugdringen, behoren grondontsmettingsmiddelen, die o.a. op grote schaal ter bestrijding van het aardappelcystenaaltje worden gebruikt. Een middel, speciaal gericht op de remming van de nitrificatie, is N-serve. Op grote schaal op bouwland toegepast zou dit middel de N-verliezen door uitspoeling en denitrificatie praktisch geheel kunnen reduceren. Het tijdstip van toediening van dergelijke middelen speelt, in verband met de duur van het remmend effect, een belangrijke rol. Immers de aanwezigheid van een hoge concentratie aan  $\text{NH}_4$ -ionen in het voorjaar mag er niet toe leiden dat, door de toenemende biologische activiteit, ook de nitrificatie weer toeneemt omdat het middel is uitgewerkt. Dit immers zou het verlies door denitrificatie weer stimuleren bij minder gunstige weersomstandigheden tijdens het groeiseizoen. Technisch is het dus wel mogelijk dit type verliezen te beperken, maar de vraag blijft of de extra energie, die de toepassing van dergelijke middelen met zich meebrengt, kleiner is dan de besparing die ontstaat door een lager kunstmestverbruik ten gevolge van een reductie van de verliezen door uitspoeling en denitrificatie.

Bezwaren van een overwegende, eenzijdige  $\text{NH}_4$ -voeding van planten kan men ondervangen door de, in het voorjaar benodigde, kunstmestgift tendele

TABEL IV. De N-verliezen op bouw- en grasland in Nederland (1970)

	bouwland			grasland			totaal	
	mln kg	kg.ha <sup>-1</sup>	%	mln kg	kg.ha <sup>-1</sup>	%	mln kg	%
tekort balans	118	149	100	302	232	100	420	100
uitspoeling	50	63	42	59	45	20	109	26
denitrificatie	55	70	47	131	101	43	186	44
uitspoeling + denitrificatie	105	133	89	190	146	63	295	70
NH <sub>3</sub> -vervluchtiging:								
a. stalmest	13	16	11	18	14	6	31	8
b. excrementen	—	—	—	94	72	31	94	22
totaal NH <sub>3</sub> -N verlies	13	16	11	112	86	37	125	30
recirculatie-verliezen:								
a. beweiding	—	—	—	47	36	84	47	84
b. hooi en kuil	—	—	—	9	7	16	9	16
totaal	—	—	—	56	43	100	56	100

in nitraatvorm te geven. Daar het  $\text{NH}_4$ -ion veel minder mobiel is dan het nitraat-ion rijst de vraag of er produktieverlies zal optreden doordat de plant te weinig  $\text{NH}_4$ -ionen uit de reserves in de grond kan opnemen, dan wel meer energie moet stoppen in een groter wortelstelsel om  $\text{NH}_4$ -ionen op grotere afstand te bemachtigen.

Een andere vraag is of dergelijke nitrificatie-remmers de overige organismen in de grond ongunstig beïnvloeden, schadelijk zijn voor het gewas of schadelijke residuen in het gewas achterlaten.

#### *2.4.1.2. Voedergewassen als stoppelgewas*

Technisch is het mogelijk de verliezen op bouwland te beperken door reductie van de uitspoeling in najaar en winter met behulp van groenbemesters en/of groenvoedergewassen. Echter de extra kosten aan energie (ploegen, zaaien, bemesten en onkruidbestrijding) zullen vaak niet of nauwelijks opwegen tegen de energiebesparing door geringere uitspoeling. De belangrijkste betekenis van een stoppelgewas moet gezocht worden in bodemstructuureffecten op bijv. stuifgevoelige gronden en als voedergewas. De besparing aan kunstmest speelt daarbij een dubieuze rol. Immers het blijft moeilijk de verkregen beperking in uitspoeling (als het gewas als groenbemester wordt ondergeploegd) te verdisconteren in een N-besparing op de optimale kunstmestgift van het volg-gewas. Dit omdat het N-leveringspatroon van een groenbemester moeilijk te voorspellen is, daar dit sterk door de weersomstandigheden in winter en voorjaar beïnvloed wordt.

#### *2.4.1.3. Verfijning bemestingsbeleid*

Voor al de mogelijkheid van een betere en intensievere ziektebestrijding heeft er toe geleid, via hogere N-giften, te komen tot hogere gewasopbrengsten aan eiwit en droge stof in de landbouw. Dit heeft echter niet geresulteerd in een belangrijke verbetering van het benuttingspercentage van de stikstofmeststof (50 - 60%), zodat ook het verlies door uitspoeling en denitrificatie gestegen zal zijn. Ook is het gevolg dat de N-bemesting soms hoger is dan noodzakelijk om de economisch optimale opbrengst te bereiken, teneinde ongemak en risico's te verminderen. Te hoge N-giften, om stootblauw bij Bintje te voorkomen, met als gevolg oogstdepressies, zijn hiervan een voorbeeld.

Ongetwijfeld heeft de invoering van het stikstof-bemestingsadvies op bouwland, op basis van grondonderzoek in het voorjaar, hierin verbetering gebracht door indirect in de adviesgift, naast de invloed van het weer in de achterliggende winter, ook het niveau van de organische bemesting te betrekken. Dat neemt niet weg dat het nog steeds moeilijk is de jaarlijkse optimale N-gift, met voldoende betrouwbaarheid, vroegtijdig in het voorjaar te voorspellen, omdat deze sterk afhankelijk is van het weersverloop en het ziektepatroon in het teeltseizoen zelf.

Gedeelde N-giften, evenals een gunstigere (ruimere) vruchtwisseling, zouden hier een bijdrage kunnen leveren. Gedeelde N-giften vragen echter weer extra arbeid en energie en zijn daardoor niet altijd economisch in de praktijk. Ook ruimere rotaties, die tot lagere N-giften kunnen leiden met behoud van het produktieniveau - oogstdepressies als gevolg van te krappe rotaties (frequentieeffect) worden nl. tegengegaan door de N-gift te verhogen - zouden energiewinst betekenen, maar dergelijke rotaties zijn vaak niet economisch aantrekkelijk.

#### 2.4.2. *Grasland*

##### 2.4.2.1. *Nitrificatie-remmers*

Hoewel het verlies door uitspoeling en denitrificatie per ha op grasland iets groter is dan op bouwland (tabel IV) is de mogelijkheid van een reductie door het gebruik van nitrificatieremmers beperkt, omdat dit stuit op het praktische bezwaar van zodebeschadiging bij het injecteren van deze stoffen omdat deze alleen in de grond voldoende effect hebben. Ook zal de benodigde trekkracht groter zijn dan op bouwland en daardoor weer meer energie vragen.

##### 2.4.2.2. *Ammoniak-verliezen*

Het totale aandeel van de ammoniak-vervluchtiging uit stalmest en excrementen (tabel IV) is ca. 30% van het balanstekort op bouw- en grasland. Het aandeel van de excrementen op grasland is het grootst, nl. 22% of gemiddeld  $72 \text{ kg N.ha}^{-1}$  grasland. Deze verliezen zijn een gevolg van het beweidingssysteem en het feit dat de toegediende stalmest niet wordt ondergebracht, zoals op bouwland. Het injecteren van drijfmest en gier zou de verliezen kunnen terugdringen. De toepassing van dit systeem blijkt



echter nog in het experimentele stadium te verkeren.

De zodebeschadiging kan sterk teruggedrongen worden door op het juiste moment te injecteren. De vraag is of de relatief geringe winst aan stikstof opweegt tegen de extra energie die nodig is voor het injecteren, het moeilijker inpassen in de arbeidsfilm en het blijven bestaan van enige zodebeschadiging. De veel grotere verliezen uit de excrementen kunnen alleen teruggedrongen worden door het beweidingssysteem te verlaten en over te schakelen op zomerstalvoeding. Niet alleen de ammoniak-vervluchtiging wordt hierdoor beperkt, maar ook de uitspoeling, aangezien er geen stikstof meer in de excrementen wordt "gedumpt" (zie par. 2.3.). Voorts worden de beweidingsverliezen opgeheven. Het verlies door maaien neemt evenwel toe (zie par. 2.1.4.2.3.).

Zomerstalvoeding brengt met zich mee: extra energie voor oogst van het weidegras en transport naar de stal, afvoer van extra stalmest naar het land, waar extra trekkracht nodig zou zijn om de mest te injecteren, wil men de  $\text{NH}_3$ -verliezen, die in de zomermaanden veel hoger zijn dan in de wintermaanden in belangrijke mate reduceren. Naast eerder genoemde bezwaren van de drijfmest-injectie speelt het probleem dat, vanuit het oogpunt van diergezondheid (klauw- en beengebreeken), zomerstalvoeding niet zo gunstig is.

#### 2.4.2.3. *Recirculatie-verliezen*

De verliezen aan stikstof via uitspoeling,  $\text{NH}_3$ -vervluchtiging en denitrificatie, die bij beweiding (vertrapping en bevulling) en maaien optreden, zijn al in het balanstekort opgenomen. Voorts is er een verlies in die zin, dat het verloren gegane gras niet als energie- en eiwitbron fungeert voor het vee, waartoe het eigenlijk bedoeld is. De hooi- en kuilwinning opent weinig mogelijkheden tot N-besparing omdat de mechanische verliezen reeds gering zijn (par. 2.1.4.2.3.). De verliezen door beweiding zouden opgeheven kunnen worden door over te gaan tot zomerstalvoeding met de bezwaren, genoemd in par. 2.4.2.2. Doordat er meer gras geoogst wordt, neemt het verlies door maaien echter toe.

#### 2.4.2.4. *Mestoverschotten*

In die gebieden waar sprake is van mestoverschotten kan transport over langere afstanden naar vee-arme gebieden, een efficiënt gebruik van de

beschikbare drijfmest belangrijk verbeteren. Dit zal resulteren in een besparing op kunstmest in deze vee-arme gebieden. Deze besparing betreft niet alleen stikstof maar ook fosforzuur, kali en andere plantevoedende stoffen.

Gezien echter de hoge transportkosten per kg kunstmestwaarde van de volumineuze, waterrijke drijfmest en de noodzaak van opslagruimte op het vee-arme, ontvangende bedrijf, zijn ook hier de mogelijkheden beperkt. Men kan zich afvragen of de afvoer van alleen vaste mest (mogelijk na separatie van gier), gezien de geringere noodzaak van dure opslagruimte op het ontvangende bedrijf, het transport niet aanzienlijk aantrekkelijker zou kunnen maken. De gier kan dan op het eigen bedrijf, als een snelwerkende meststof, op grasland worden benut, eventueel aangevuld met kunstmest. De langzamer werkende vaste mest kan op het akkerbouwbedrijf worden gebruikt, waar de groeisnelheid wat lager is dan op grasland en waar de grotere organische stoftoevoer met de vaste mest belangrijk is in verband met de structuur van de grond.

## 2.5. CONCLUSIE

Het blijkt dat er, technisch gezien, verschillende oplossingen mogelijk zijn om de verliezen aan stikstof op bouw- en grasland terug te dringen. De vraag daarbij is echter in hoeverre er een absolute energie-winst wordt verkregen en in hoeverre de oplossingen financieel-economisch haalbaar zijn. Het is duidelijk dat dit, naast andere factoren, vooral bepaald wordt door de kosten van energie, arbeid en kunstmest.

Alleen een diepgaande economisch-technische studie, met integratie van alle momenteel bestaande know-how, zal een antwoord kunnen geven. Daarbij kan dan nog de vraag gesteld worden in hoeverre de "structuurvisie landbouw" mede als uitgangspunt moet worden gehanteerd.

### 3. DE INPUT- EN OUTPUTBALANS VAN DE CONSUMPTIESECTOR

Naast de verliezen die in cultuurland optreden zijn er nog andere lekken in de N-kringloop van de samenleving. Het voedsel, dat op het cultuurland gewonnen wordt, ondergaat meestal een bewerking voordat het geconsumeerd wordt. Bij deze verwerking in de levensmiddelenindustrie treden verliezen op. De produkten, die door de bevolking worden geconsumeerd, worden groten-deels ook weer uitgescheiden en zijn terug te vinden in het afvalwater dat geproduceerd wordt. In de landbouw kan de veehouderij eveneens als een consumptiesector gezien worden. Daarbij wordt alleen betrokken dat deel van de produktie dat op stal geconsumeerd wordt, daar de weideperiode reeds in de balans van het grasland is opgenomen. In dat geval moet de produktie van melk en vlees in de weideperiode, van uit de consumptiesector gezien worden als een input, terwijl het verbruik van krachtvoer in de weide een output zal zijn. In het volgende zal de stalperiode uit de veehouderij, verwerkende industrie en bevolking in één balans aan een beschouwing worden onderworpen.

#### 3.1. INPUTZIJDE VAN DE BALANS

Op de inputzijde van deze "consumptiesectorbalans" komen de outputs van land- en tuinbouw voor. Deze produkten worden of direct door de bevolking en de veestapel geconsumeerd of na een bewerking in de industrie (graan-, vlees- en zuivelprodukten).

T.a.v. de post hooi en kuilvoer uit tabel III moet er nog met een verlies rekening gehouden worden tijdens de bereiding en bewaring. Dit verlies werd in par. 2.1.4.2.3. berekend op 8 mln kg N, zodat de netto-input van deze produkten op stal berekend werd op 97 mln kg N. Verder werd in par. 2.1.4.2.5.3. berekend dat er in de weideperiode 31 mln kg N in melk en vlees werd geproduceerd door het rundvee. Daarnaast leveren tuinbouw en akkerbouw nog resp. 6 en 83 mln kg N (na aftrek recirculatie van zaaizaad en groenbemesters à 7 mln kg N in de landbouw die, gezien het verschil in produktie tussen tuinbouw en akkerbouw, geheel voor rekening van de

akkerbouw is gebracht, tabel I. Naast deze inputs uit de Nederlandse landbouw, blijkt er ook een belangrijke import van voedingsmiddelen uit het buitenland te zijn, met daarnaast nog een export uit de eigen produktie. Bijlage VI geeft een overzicht van de netto-import- resp. netto-exportoverschotten van diverse artikelen, ontleend aan de Maandstatistiek van de buitenlandse handel per goederensoort, uitgegeven door het CBS (1970). De stikstofgehalten werden ontleend aan diverse bronnen. Uit bijlage VI blijkt, dat de import heeft bedragen ca. 259 mln kg N, waarvan ca. 76 mln kg voor de bevolking en 183 mln voor de bereiding van krachtvoer voor de veestapel. De export bedroeg ca. 64 mln kg N. De totale input van stikstof in de consumptie-sector is blijkens tabel V ca. 476 mln kg N geweest.

### 3.2. OUTPUTZIJDE VAN DE BALANS

De veevoederindustrie leverde ca. 16 mln kg N in krachtvoer in de weideperiode aan het melkvee (zie par. 2.1.4.2.5.5.). Daarnaast werd door bevolking en industrie 18 mln kg N afgevoerd in compost en zuiveringsslib (bijlage III). De veehouderij voerde netto 205 mln kg N af naar het bouw- en grasland uit de stal (par. 2.1.4.1.4.). Daarnaast trad in de stal nog een  $\text{NH}_3$ -verlies op van ca. 12% (par. 2.4.2.4.4.). Berekend voor de gehele veestapel levert dit een verlies van 28 mln kg N. De bevolking omvatte in 1970 13 mln inwoners. De stikstofopname per hoofd van de bevolking was in 1970 ca. 13 g per dag (den Hartog, 1972). Een deel hiervan zal echter in de groeiende jeugd worden vastgelegd, zodat de werkelijke uitscheiding kleiner zal zijn. Uitgaande van 10 g N per dag betekent dit een hoeveelheid stikstof in het afvalwater van  $0,01 \times 365 \times 13 \text{ mln} = 47 \text{ mln kg N}$ . Hiervan is echter ruim 2 mln kg N als zuiveringsslib in rekening gebracht onder de post "compost, slib", zodat in het afvalwater nog 45 mln kg N geleverd wordt.

Door het CBS is voor 1969 nagegaan hoeveel inwonerequivalenten (i.e.) door de diverse industrieën werden geloosd (CBS, 1972e). Voor de gehele levensmiddelenindustrieën (SBJ code 20 en 21, tabel 2 blz. 53 CBS-rapport) bedroeg de bijdrage 17,3 mln i.e. Voor de veenkoloniale industrie komt daar nog ca. 8 mln i.e. bij, zodat de totale bijdrage gesteld kan worden op 25 mln i.e. Daar een i.e. overeenkomt met een produktie van 10 g N per

dag, zou deze verwerkende industrie ca.  $0,01 \times 365 \times 25$  mln kg N of afgerond 90 mln kg N bijdragen.

Bij een export van 64 mln kg N rest er nog slechts een tekort op de balans van ca. 10 mln kg N, hetgeen 2% is van de gehele input.

### 3.3. MOGELIJKHEDEN TOT BEPERKING VAN DE VERLIEZEN

Uit de balans in tabel V blijkt dat het grote "lek" hier gevormd wordt door het afvalwater van bevolking en industrie.

TABEL V. Input-outputbalans van de consumptiesector in 1970, omvattende: verwerkende industrie, de bevolking en de veestapel op stal.

N-input	mln kg N	N-output	mln kg N
netto produktie:		krachtvoer weide	16
tuinbouw	6	compost, slib	18
akkerbouw	83	dierlijke mest (netto)	205
veehouderij:			
(weideperiode)		12% $\text{NH}_3$ -verlies stal	28
hooi en kuil	97		
melk en vlees	31	afvalwater: bevolking	45
		" : industrie	90
importen voor:			
bevolking	76	export	64
veestapel	183	balanstekort	10
totaal	476	totaal	476

Om dit lek te kunnen dichten zou, naast een fosfaatverwijdering in het afvalwater, ook algemeen een N-verwijdering plaats moeten vinden, echter niet door denitrificatie maar bijv. door "strippen" van ammoniak, waarbij deze stikstof weer teruggewonnen wordt. Echter ook hier komt weer de vraag naar voren in hoeverre dit uit een oogpunt van energie-winst en financieel-economische overwegingen wenselijk en mogelijk is, waarbij

voorts bedacht moet worden dat stikstof, evenals fosfaat, tot de eutrofiërende componenten in het oppervlaktewater gerekend wordt.

#### 4. DE INTEGRALE N-BALANS

Tabel VI geeft tenslotte nog een integrale balans voor de gehele landbouw, bevolking en verwerkende industrie. Daarbij is het aantal inputbronnen gereduceerd tot 3 "echte" N-bronnen, omdat de stikstof in de neerslag (32 mln kg N) ook beschouwd kan worden als een recirculatie van  $\text{NH}_3\text{-N}$ , die bij de produktie en toediening van dierlijke mest (bouwland 13 mln kg, grasland 112 mln en stal 28 mln kg) verloren is gegaan, ofschoon er ook nog andere bronnen zijn die aan deze stikstof in de neerslag bijdragen (industrie, elektrische ontlading in de atmosfeer, enz.). Ook de export van landbouwprodukten moet in deze balans als een "verlies" beschouwd worden. Het berekende balanstekort omvat, naast fouten in de schattingen der diverse posten, tevens een eventuele vastlegging van stikstof in de bodem en in de veestapel en de bevolking (door groei).

In de bevolking is het de groep in de leeftijd van 0-19 jaar die door hun groei stikstof vastleggen. Deze groep omvatte in 1970 ca. 35,7% van de bevolking of 4,7 mln individuen. Daar het gemiddelde lichaamsgewicht op 20 jarige leeftijd ca 66 kg bedraagt is de gemiddelde jaarlijkse groei ca. 3 kg in lichaamsgewicht. Volgens Maynard (1947) bevat het menselijk lichaam ca. 18% eiwit of 2,9% N, zodat de jaarlijkse stikstofvastlegging berekend kan worden op:

$$0,029 \times 3 \times 4,7 = 0,4 \text{ mln kg N.j}^{-1}$$

TABEL VI. Integrale N-balans voor Nederland in 1970 voor de gehele landbouw, bevolking en verwerkende industrie.

Toevoer	mln kg N	%	Verlies	mln kg N	%
kunstmest	367	57	denitrificatie	816 186	29
import landb.prod.	259	40	afvalwater	135	21
biol. N-binding	22	3	$\text{NH}_3$ -vervluchtiging	121	18
			uitspoeling	109	17
			export	64	10
			balanstekort	33	5
totale toevoer	648	100	totale verlies	648	100

Ook de veestapel vertoont een groei, hetgeen blijkt uit de toegenomen produktie van stalmest, die in 1970 ca. 75% groter was dan in 1950 (CBS, 1976). Uitgedrukt in rundvee-equivalenten (R-E) blijkt deze groei gemiddeld ca.  $0,07 \text{ mln R-E.j}^{-1}$  te hebben bedragen. Daar een groeiend rund ca.  $220 \text{ kg.j}^{-1}$  in lichaamsgewicht toeneemt, komt deze jaarlijkse toename overeen met  $15,4 \text{ mln kg levendgewicht}$ .

Op basis van gegevens van Maynard (1947) en het CBS (1976) kan voor een R-E een gewogen gemiddeld  $N_t$ -gehalte berekend worden van 2,7%. De vastlegging in de groeiende veestapel kan nu berekend worden op:

$$0,027 \times 15,4 \cdot 10^6 = 0,4 \text{ mln kg N.j}^{-1}.$$

De totale vastlegging in veestapel en bevolking bedraagt dus ca.  $0,8 \text{ mln kg N.j}^{-1}$ , hetgeen een hoeveelheid is die binnen de foutengrenzen van de balans valt.

Ook van de jaarlijkse vastlegging van stikstof in de bodem dient men zich geen overdreven voorstelling te maken. Uit de CBS (1976) gegevens over de N-produktie in stalmest kan berekend worden dat in 1950 ca. 612 kg organische stof per ha cultuurland werd toegediend, terwijl dat in 1970 ca.  $1360 \text{ kg ha}^{-1}$  was. Een toename dus van  $750 \text{ kg ha}^{-1}$  in 20 jaren of gemiddeld per jaar  $37,5 \text{ kg ha}^{-1}$ . Bij een gemiddeld bouwvoorgewicht van  $2,5 \text{ mln kg ha}^{-1}$  is dit slechts 0,0015% van het bouwvoorgewicht.

Kolenbrander (1974) berekent voor stalmest een absolute stijging van het humusgehalte in 10 jaren van ca. 3%, indien jaarlijks 1% van het bouwvoorgewicht aan organische stof in de vorm van stalmest wordt toegediend. Over 20 jaar wordt de stijging berekend op ca. 5%. De stijging zal hier dus gemiddeld in 20 jaren bedragen:  $0,0015 \times 5 = 0,0075\%$ . Dit is na 20 jaren een humuswinst in de bouwvoor van:  $\frac{0,0075}{100} \times 2,5 \text{ mln} = 187,5 \text{ kg.ha}^{-1}$ . Indien hierin 5% stikstof zit, is de stikstof vastlegging in 20 jaar  $0,05 \times 187,5 = 9,4 \text{ kg N.ha}^{-1}$  of per jaar gemiddeld  $\frac{9,4}{20} = 0,46 \text{ kg N.ha}^{-1}.\text{j}^{-1}$ . De totale jaarlijkse vastlegging in ons cultuurland zou dus bedragen  $0,46 \times 2,1 \cdot 10^6 = \text{ca. } 1 \text{ mln kg N.j}^{-1}$ .

In bodem, veestapel en bevolking tezamen kan de vastlegging per jaar dus globaal gesteld worden op bijna  $2 \text{ mln kg N.j}^{-1}$ , hetgeen vergeleken met de input van 648 mln kg van geen betekenis is en binnen de foutengrens van de balans valt. Deze relatief geringe vastlegging brengt met zich mee dat er geen bezwaar is bij de jaarbalans uit te gaan van de aanname dat de N-voorraad in de bodem vrijwel in evenwicht is. Op de lange duur is er



evenwel een verschuiving van de voorraad naar een hoger of lager niveau mogelijk.

Uit tabel VI blijkt, dat het totale N-verlies in 1970 in Nederland gesteld kan worden op bijna 650 mln kg N. Hiervan ging 29% verloren door denitrificatie op bouw-en grasland en 21% in het afvalwater van bevolking en industrie. Het verlies in de vorm van  $\text{NH}_3\text{-N}$  bedroeg in het totaal in stal en veld 153 mln kg N. Naar de landbouw wordt met de neerslag 32 mln kg N gerecirculeerd, zodat het "netto"-verlies aan  $\text{NH}_3\text{-N}$  121 mln kg N bedraagt of 18% van het totale verlies. Daarnaast leverde de uitspoeling nog een bijdrage van ca. 17% en de export van 10% in het totale verlies.

Wanneer dit verlies van 650 mln kg N niet aangevuld wordt, dan zal de bodemvoorraad aan stikstof in de loop der jaren langzaam dalen en daarmee ook de landbouwproductie. Uit tabel VI blijkt, dat in het verlies voor 57% door kunstmest en voor 40% door import van landbouwprodukten wordt voorzien. Deze landbouwprodukten zijn overwegend veevoedergrondstoffen en krachtvoer, die stikstof leveren via de produktie van dierlijke mest.

Uit tabel VI blijkt, dat de bijdrage van de biologische N-binding in het stikstof-tekort slechts 3% is. Zou men, met handhaving van de huidige import van landbouwprodukten, de kunstmest willen vervangen door biologisch gebonden stikstof, teneinde te komen tot een energie-besparing op de produktie aan kunstmest, dan zou bij het hedendaagse produktieniveau  $367 \cdot 10^6 : 2,1 \cdot 10^6$  of ca.  $175 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$  gefixeerd moeten worden.

## 5. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Er werd voor Nederland een stikstofbalans voor het jaar 1970 opgesteld voor bouwland (inclusief tuinbouw) en grasland (tabel I en II), alsmede voor de consumptiesector (tabel V), die bevolking, voedingsmiddelenindustrie en de veestapel-op-stal omvat. Tenslotte werden de drie balansen integraal weergegeven (tabel VI).

Doel was een schatting te maken van de grootte en aard van de optredende verliezen in de "stikstofkringloop", teneinde enig inzicht te krijgen in de vraag waar energiewinsten te behalen zijn door beperking van de N-verliezen.

De optredende verliezen zijn van verschillende aard en kunnen onderscheiden worden in:

- a. Echte verliezen door denitrificatie,  $\text{NH}_3$ -vervluchtiging, uitspoeling, lozing van afvalwater en export van landbouwprodukten.
- b. Recirculatie-verliezen, waarbij wel een verlies optreedt gezien van uit een produktie-standpunt, maar niet gezien van uit de N-huishouding van de bodem. Hiertoe behoren de beweidingsverliezen en mechanische verliezen, die optreden bij de winning van hooi en kuilgras.

De integrale balans leert dat, uitgaande van een evenwichtstoestand, het totale N-verlies in Nederland in 1970 ca. 650 mln kg N bedroeg. Hiervan ging ca. 30% verloren door denitrificatie in bouw- en grasland. Ca. 20% van de stikstof ging definitief verloren door  $\text{NH}_3$ -vervluchtiging in stal en op het veld. De grootste bijdrage in het ammoniak-verlies wordt geleverd door de excrementen, die tijdens de weideperiode gedeponneerd worden (tabel IV). De uitspoeling bedroeg 17% en de bijdrage via het afvalwater van bevolking en industrie 21% van het totale verlies aan stikstof. Deze beide posten, die een belasting voor het grond- en oppervlaktewater vormen, nemen dus ca. 40% van het totale verlies voor hun rekening.

Dit totale verlies van ca. 650 mln kg N moet weer aangevuld worden, wil de bodemvoorraad aan stikstof, en daarmee de landbouwproduktie, op peil blijven. Het blijkt dat in dit verlies voor 57% voorzien wordt door kunstmest en voor 40% door het geïmporteerde veevoer. De bijdrage door biologische N-binding is slechts 3% en dus van geen betekenis.

De verliezen door uitspoeling en denitrificatie (tabel IV) zouden door gebruik van nitrificatieremmers sterk verlaagd kunnen worden. De  $\text{NH}_3$ -verliezen, voor zover het toegediende dierlijke mest betreft, kunnen belangrijk gereduceerd worden door het injecteren van de drijfmest, zowel op bouw- als op grasland. De verliezen uit excrementen (94 mln kg N of  $72 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ ) kunnen, tezamen met de beweidingsverliezen (47 mln kg N of  $36 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ ), geëlimineerd worden door algemeen zomerstalvoeding toe te passen. Zomerstalvoeding beperkt tevens de uitspoeling op grasland, aangezien er geen N meer in de excrementen wordt gedumpt.

Naast gedeelde N-giften zou ook een ruimere vruchtopvolging, door opheffing van het frequentie-effect, kunnen leiden tot een lager kunstmest gebruik (met behoud van het opbrengstniveau) en daardoor tot een energiewinst.

Daar staat echter tegenover dat, afgezien van de ruimere vruchtwisseling, aan genoemde technieken ook bezwaren kleven, zoals de kans op schadelijke residuen in voedsel voor mens en dier, zodebeschadiging op grasland, meer transport, hoger energiegebruik door extra maatregelen, hogere slijtage aan werktuigen en nadelige effecten t.a.v. de gezondheidsaspecten van het vee (klauw- en beengebreeken).

Vervanging van kunstmest door biologische N-binding zou, met behoud van het huidige importniveau van landbouwprodukten en van het huidige binnenlandse produktieniveau, een N-fixatie vragen van ca.  $175 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ .

In de consumptiesector doet zich de vraag voor of het N-verlies via het afvalwater van bevolking en industrie niet beperkt zou kunnen worden door  $\text{NH}_3$  terug te winnen via "strippen".

Het is duidelijk dat alleen een nadere, diepgaande technisch-economische studie, met gebruikmaking van alle "know-how", zal kunnen uitmaken in hoeverre bovengenoemde methoden tot absolute winsten aan energie kunnen leiden en in hoeverre dit financieel - economisch haalbare zaken zijn. Immers kwantiteiten, die in hun totaliteit perspectieven bieden t.a.v. besparing op energie, behoeven dit nog niet te doen op praktijkniveau, daar we hier te maken hebben, niet alleen met veel kleinere hoeveelheden, maar ook met de factor arbeid, die mogelijk tot onaanvaardbare kostprijsstijgingen van ons voedsel aanleiding zou kunnen geven.

## 6. LITERATUUR

- Boer, D.J. den, 1978. Stikstofproefbedrijven, voortrekkers in de melkveehouderij. Landbk.Bureau Ned. Meststoffenind. Brochure jan. 1978, 8 pp.
- Centraal Bureau voor de Statistiek, 1972a. Statistiek voor de land- en tuinbouw 1971. 's Gravenhage, Staatsuitgeverij, blz. 34, tabel 1.
- Idem (1972b) blz. 125, tabel 79.
- Idem (1972c) blz. 50 - 56, tabel 17 en 20.
- Idem (1972d) blz. 58, tabel 23.
- Centraal Bureau voor de Statistiek, 1972e. Waterverontreiniging met afbreekbaar organisch en eutrofiërend materiaal. 's Gravenhage, Staatsuitgeverij, blz. 53, staat 2.
- Centraal Bureau voor de Statistiek, 1976. Produktie van dierlijke mest 1950 - 1974. 's Gravenhage, Staatsuitgeverij, blz. 10, tabel 2.
- Dowdell, R.L. en Webster, C.P., 1974. Soil nitrogen. Fate of fertilizer nitrogen. Rep. A.R.C. Letcombe Laboratory (1974) 55-57. Bron: I.C.I. rep. "Nitrogen leaching from fertilizers: Lysimeters trials: published results from Europe and USA. Central file no. A 128.607, 24 Mei 1976.
- Foerster, P., 1973. Einfluss hoher Güllegaben und Üblicher Mineraldüngung auf die Stoffbelastung ( $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4$ , P und  $\text{SO}_4$ ) im Boden- und Grundwasser in Sandböden Nordwest-deutschlands. Z. Acker- Pflanzenbau 137: 270-286.
- Garwood, E.A. en Tyson, K.C., 1973. Losses of nitrogen and other plant nutrients to drainage from soil under grass. J. Agric. Sci. Camb. 80: 303-312.
- Geneygen, J. van, 1973. Verregening van rundveemest als systeem van afvoer en opslag. Contactbijeenkomst van onderzoekers over mest-, gier- en stankproblemen (1973) 14 (1 t/m 4).
- Handboek voor de Akkerbouw II, 1973. Proefstation voor de Akkerbouw, Lelystad-Wageningen, blz. 30.
- Handboek voor de Rundveehouderij, 1974. Proefstation voor de Rundveehouderij, Lelystad, blz. 89 en 94.
- Hartog, C. den, 1972. Nieuwe Voedingsleer, blz. 24, tabel 4. Het Spectrum N.V., Utrecht/Antwerpen.

- Hartog, L.A. den, 1977. Frequentie, oorzaken en gevolgen van urinebrand-plekken. Landbk. Bureau Ned. Meststoffenind., Verslag D6, 35 pp.
- ✓ Henkens, Ch.H., 1976. Voedingsstoffen- of mineraalbalansen. Stikstof 7, no. 83-84: 355 - 362.
- ✓ Hood, A.E.M., 1976. The high nitrogen trial on grassland at Jealott's Hill. Stikstof 7, no. 83-84: 395 - 404.
- Jung, J. en Jürgens-Gschwind, S., 1974. Die Stickstoffbilanz des Bodens, dargestellt an Lysimeterversuchen. Landwirtsch. Forsch., Sonderheft 30/11: 57 - 77.
- Kemp, A., Hemkes, O.J. en Steenbergen, T. van, 1979. The crude protein production of grassland and the utilization by milking cows. Neth.J. Agric. Sci. (in druk).
- Köhnlein, J. en Vetter, H., 1953. Ernte Rückstände und Wurzelbild. Paul Parey, Hamburg/Berlin, blz. 84, tabel 30.
- Kolenbrander, G.J., 1969. Nitrate content and nitrogen loss in drainwater. Neth. J. Agric. Sci. 17: 246 - 255.
- Kolenbrander, G.J., 1973. Fertilizers, Farming Practice and Water Quality. Fert. Soc. Proc. 135, 36 pp.
- Kolenbrander, G.J., 1974. Een schatting van de fosfaataccumulatie in Nederland in 1970. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 10-74, blz. 41.
- Kolenbrander, G.J., 1974. Efficiency of organic manure in increasing soil organic matter content. 10th Int. Congr. Soil Sci. 2: 129 - 136.
- Kolenbrander, G.J., 1977. Nitrogen in organic matter and fertilizer as a source of pollution. Prog. Water Tech. 8, blz. 67 - 84.
- Kolenbrander, G.J. en Dijk, T.A. van, 1972. Eutrofiëring van oppervlaktewater door de landbouw in het stroomgebied van de Hupselse beek. Inst. Bodemvruchtbaarheid, 13 pp. Studiegroep Hupselse beek.
- Kolenbrander, G.J. en Dijk, T.A. van, 1974. De afvoeren aan plantevoedende stoffen uit het bemalingsgebied "De Leijen". Inst. Bodemvruchtbaarheid, Nota 7, 7 pp.
- Kolenbrander, G.J. en Lande Cremer, L.C.N. de la, 1967. Stalmest en gier. H. Veenman en Zonen N.V., Wageningen.
- Landbouwcijfers, 1973. LEI - CBS, tabel 36c pag. 82.
- Low, A.J., 1973. Nitrate and ammonium nitrogen concentration in water draining through soil monoliths in lysimeters cropped with grass or clover or uncropped. J. Sci. Food Agric. 24: 1489 - 1495.

- Maynard, L.A., 1947. Animal Nutrition. 2<sup>e</sup> druk, New York/London, pag 10.
- Pfaff, C., 1950. Lysimeter Versuche. Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenk. 48: 93 - 118.
- Rijtema, P.E., 1978. Een benadering voor de stikstofemissie uit het graslandbedrijf. Nota 982 (gewijzigd), Inst. Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen.
- Rose, C.W., Begg, J.E., Byrne, G.F., Torsell, B.W.R. and Gonez, J.H., 1972. A simulation model of growth-field environment relationships for Townville stylo (*stylosanthes humilis*, HBK) pasture. Agric. Meteorol. 10: 161 - 183.
- Sluiman, W.J., 1974. Een statistisch onderzoek naar het verbruik van stikstofmeststoffen op akkerbouwgewassen. Stikstof 77: 151 - 160.
- Sluijsmans, C.M.J. en Kolenbrander, G.J., 1977. The significance of animal manure as a source of nitrogen in soils. Proc. Int. Semin. Soil Environment and Fertility Management in Intensive Agric., Tokyo, Japan, blz. 403 - 411.
- Steenbergen, T. van, 1977. Invloed van grondsoort en jaren op het effect van stikstofbemesting op de grasland-opbrengst. Stikstof 85: 9 - 15.
- Vetter, H. en Klasink, A., 1972. Untersuchungen zu den Grenzen der Anwendung von Schweine- und Hühnergülle. Landwirtsch. Forsch., Sonderheft 27/1: 122 - 134.

## BIJLAGE I.

Geteelde gewas in 1970 en de geproduceerde hoeveelheid organische stof  
in wortels en stoppels

	Oppervlakte $\times 10^3$ ha *)	Wortels en stoppels	
		org.stof <sup>**</sup> kg.ha <sup>-1</sup>	totale prod. kg org.stof $\times 10^6$
tarwe	141,5	5200	735,8
wintergerst	8,7	5000	43,5
zomer "	94,9	4200	398,6
rogge	55,3	4800	265,4
haver	55,1	5000	275,5
aardappelen	157,1	3500	550,0
bieten	113,2	1460	165,2
zaadmais	1,0	7000	7,0
snijmais	6,4	2000	12,8
koolzaad	7,5	3000	22,5
vlas	5,2	300	1,6
karwijzaad	1,7	4000	6,8
totaal	647,6	3835	2484,7

\* ) Bron: CBS. Statistiek van de land- en tuinbouw 1971, tabel 3.

\*\* ) Bron: Handboek voor de Akkerbouw (1973), deel II.

## BIJLAGE II.

Terug van de onttrokken N in akkerbouw naar de bodem (1970).

Aard produkt		Hoeveelheid mln kg <sup>*)</sup>	N-gehalte g. kg <sup>-1**)</sup>	N-toevoeging mln kg
zaai en	tarwe	24	18,4	0,44
pootgoed	gerst	13	17,4	0,23
" "	haver	6	16,6	0,10
" "	rogge	9	15,7	0,14
" "	peulvruchten	2	40,3	0,08
" "	aardappelen	310	2,9	0,90
onderploegen	bieten koppen+blad	494	6,7	3,31
" "	stro	500	4,0	2,00
totaal		1358	-	7,20

\* ) Bron: Kolenbrander, G.J. Een schatting van de fosfaataccumulatie in Nederland in 1970.

\*\* ) Bron: Handboek voor de Akkerbouw II (1973).

## BIJLAGE III.

Beschikbare Compost en Zuiveringsslib (1970).

	Ton $\times 10^6$ <sup>*)</sup>	N g.kg <sup>-1</sup>	N $\times 10^6$ kg
huis-, grof- en veegvuil	3,33	4,5	15,0
tuin- en veiling afval	0,19	1,6	0,4
zuiveringsslib (50% ds)	0,20	12,7	2,5
totaal	3,72		17,9

\* ) Bron: Kolenbrander, G.J. Een schatting van de fosfaataccumulatie in Nederland in 1970.



## BIJLAGE IV.

## De stikstof-onttrekking in de tuinbouw, 1970/1971

Aard produkt	Hoeveelheid mln kg *)	N-gehalte g.kg <sup>-1</sup> **)	Onttrekking N mln kg
andijvie	53	3,2	0,17
postelein	4	1,6	0,01
raapstelen	2	3,2	0,01
sla	135	3,2	0,43
spinazie	48	3,2	0,15
witlof	27	1,6	0,04
boerenkool	11	6,4	0,07
div. koolsoorten	171	3,2	0,55
spruitkool	67	6,4	0,43
prei	33	3,2	0,11
bloemkool	49	3,2	0,16
champignons	30	6,4	0,19
peulvruchten	151	4,0	0,60
bieten	26	3,2	0,08
peen	137	1,6	0,22
koolraap	13	1,6	0,02
schorseneren	2	1,6	0,00
uien, enz.	339	0,8	0,27
asperges	9	3,2	0,03
rabarber	6	0,8	0,00
augurken	55	0,8	0,04
komkommer	256	0,8	0,20
tomaten	392	1,6	0,63
selderij	29	1,6	0,05
fruit	682	1,1	0,76
diversen	17	1,8	0,03
totale handelsproduktie	2744	-	5,25
veilingafval: veevoer	265	1,6	0,42
" " : stort	190	1,6	0,30
totale onttrekking	3199	-	5,97

\* ) Bron: Kolenbrander, G.J. Een schatting van de fosfaataccumulatie in Nederland in 1970.

\*\* ) Bron: Nederlandse Voedingsmiddelentabel 1972, pp. 8-13.

## BIJLAGE V.

De N-onttrekking in de nationale akkerbouw, 1970.

Bron	Aard produkt	Hoeveelheid mln kg	N-gehalte g.kg <sup>-1</sup>	N-onttrekking mln kg
1	tarwe	643	18,4	11,83
1	gerst	334	17,4	5,81
1	haver	209	16,6	3,47
1	rogge	172	15,7	2,70
1	peulvruchten	50	40,3	2,01
1	aardappelen	5718	2,9	16,58
1	suikerbieten	4870	3,1	15,10
2	karwij-blauwmaanzaad	4	30,8	0,12
2	vlas, ongerepeld	35	9,3	0,32
2	" , gerepeld	24	5,3	0,13
2	lijnzaad	7	34,4	0,24
2	koolzaad	22	32,0	0,70
2	landbouwzaden	14	18,1	0,25
2	zaaiuien	331	1,6	0,53
3	grasmeel (gedr.)	86	25,8	2,22
3	lucernemeel (gedr.)	50	28,0	1,40
	subtotaal	12569	-	63,41
	<u>Ruwvoer</u>			
3	bietenkoppen + blad	2044	6,7	13,63
4	voederbieten	610	1,6	0,98
4	stoppelknollen	2300	2,9	6,67
3	stro	1100	4,0	4,40
4	snijmais (ds)	87	15,0	1,30
	subtotaal	6141	-	26,98
	totaal	18710	-	90,39

Bronnen: 1 en 4 Landbouwcijfers 1973, tabel 82a en 36f.

2 CBS. Statistiek land- en tuinbouw 1971, tabel 46 pag. 93.

3 Produktschap voor Veevoer, jaarverslag '71, pag 56, 60 en 64.

## BIJLAGE VI.

Netto import- en exportbalans voor stikstof in voedingsmiddelen (1970).

C.B.S. hoofdstuk	Aard produkten	N in mln kg	
		invoer	uitvoer
1	levende dieren	0,20	1,83
2	vlees en eetbare slachtafvallen	0,96	13,87
3	vis, schaal-, schelp- en weekdieren	0,34	2,93
4	eieren, melk en zuivelprod.	6,53	17,97
5	andere prod. dierlijke oorsprong	0,55	4,63
7	groente, plantewortels en knollen	4,29	6,25
8	citrusvruchten, schillen, fruit	0,76	0,01
10, 11	granen, prod. meelindustrie	57,30	5,63
12	zaden, vruchten industrieel gebruik	81,34	0,03
16	bereiding vlees, vis enz.	0,01	2,60
17	suiker en suikerwerk	2,03	0,07
18	cacao- en cacaobereiding	2,56	1,33
23	resten- en afval voedselindustrie	99,74	3,10
diversen	diversen (6, 9, 13, 14, 15, 19 t/m 22)	2,76	3,34
	totaal	259,37	63,59

Bron: tabellen in- en uitvoer van goederen 1970.